

① RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

⑪ N° de publication : **2 741 907**  
(à utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

⑫ N° d'enregistrement national : **95 14465**

⑤① Int Cl<sup>8</sup> : E 21 B 7/20, 17/00, 33/14, 43/10, E 21 D 5/03

⑫ DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 30.11.95.

③③ Priorité :

④③ Date de la mise à disposition du public de la  
demande : 08.08.97 Bulletin 97/23.

⑤④ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : Ce dernier n'a pas été  
établi à la date de publication de la demande.

⑥⑤ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : DRILLFLEX SOCIÉTÉ ANONYME —  
FR.

⑦② Inventeur(s) : LEIGHTON JAMES et SALTÉL JEAN  
LOUIS.

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire : REGIMBEAU.

⑤④ PROCÉDE ET INSTALLATION DE FORAGE ET DE CHEMISAGE D'UN PUIT, NOTAMMENT D'UN PUIT DE  
FORAGE PÉTROLIER, AU MOYEN DE TRONÇONS TUBULAIRES ABOUTÉS INITIALEMENT SOUPLES, ET  
DURCIS IN SITU.

⑤⑦ Conformément à l'invention, le chemisage du puits est  
réalisé au moyen de plusieurs préformes (4) coaxialement  
assemblées, qui sont initialement souples et repliées sur  
elles-mêmes pour présenter un encombrement radial faible  
qui autorise leur descente à travers le tronçon (2) déjà en  
place; les préformes ont une portion d'extrémité basse  
élargie, qui permet l'emboîtement avec recouvrement des  
préformes; le scellement d'une préforme se fait dans un  
trou préalablement foré, à travers le tronçon déjà en place,  
ce scellement faisant intervenir un ciment (6) qui est intro-  
duit à la base de la préforme; par introduction ultérieure  
d'un fluide sous pression à l'intérieur de la préforme on re-  
foule le ciment de bas en haut contre la paroi du trou, après  
quoi on polymérise la préforme pour la rigidifier.  
Chemisage des puits de pétrole.



FR 2 741 907 - A1



**PROCEDE ET INSTALLATION DE FORAGE ET DE CHEMISAGE D'UN  
PUITS, NOTAMMENT D'UN Puits DE FORAGE PETROLIER, AU  
MOYEN DE TRONÇONS TUBULAIRES ABOUTES INITIALEMENT  
SOUPLES, ET DURCIS IN SITU**

La présente invention concerne un procédé pour forer et chemiser un puits, notamment un puits de forage pétrolier, au moyen d'un ensemble de tronçons tubulaires - ou préformes - similaires, initialement souples, aptes à être repliées longitudinalement sur elles-mêmes pour être introduites dans le puits, puis à être dépliées radialement sous  
5 l'effet d'une pression interne pour prendre une forme cylindrique, et enfin à être rigidifiées in situ par polymérisation de leur paroi, l'encombrement transversal d'une préforme repliée étant de dimension maximale sensiblement inférieure à son diamètre interne à l'état déplié, et lesdites préformes possédant une portion d'extrémité dont le diamètre - après dépliement - est légèrement supérieur à celui de la préforme, ce qui  
10 permet leur jonction bout-à-bout par emboîtement, avec recouvrement de ladite portion d'extrémité.

Ainsi, en recourant à ce type de préforme, qui est connue en soi - notamment par le document WO-A-94/21887 - il est possible d'obtenir un chemisage d'un diamètre constant sur toute la longueur du puits.

15 A cet égard, il convient de rappeler qu'avec des chemisages (ou tubages) traditionnels constitués par des tubes en acier, on est obligé d'utiliser des tronçons tubulaires télescopiques, à diamètre décroissant en direction du fond du puits, ce qui pose des problèmes d'installation et d'exploitation ultérieure du puits.

L'objectif de l'invention est de proposer un procédé de forage et de  
20 chemisage du puits, à l'aide de préformes du type mentionné ci-dessus, qui puisse être mis en oeuvre de manière simple et rapide, à faible coût.

Pour cela, et conformément à l'invention, on commence par mettre en place un premier tronçon, du côté de l'entrée du puits, la portion d'extrémité élargie de ce tronçon étant tournée vers le bas.

25 Le procédé selon l'invention comprend les étapes suivantes :

a) on fait passer axialement, de haut en bas, à travers ledit tronçon, un outil de forage, et on fore au-dessous et dans le prolongement de ce tronçon un trou de forme et de profondeur adaptées pour recevoir le tronçon suivant ;

b) on retire l'outil de forage ;

30 c) on introduit une préforme, à l'état replié, à l'intérieur du puits en la faisant traverser le tronçon déjà en place, et on la positionne convenablement à l'intérieur

du trou, sa portion d'extrémité haute venant se placer à l'intérieur de la portion d'extrémité élargie du tronçon ;

d) on introduit un ciment fluide au fond du trou, autour de la portion d'extrémité basse de la préforme ;

5 e) on introduit un fluide sous pression, de densité supérieure à la densité du ciment, à l'intérieur de la préforme afin de la déplier radialement, progressivement de bas en haut, en refoulant le ciment, également de bas en haut, autour de la préforme, contre la paroi du trou ;

10 f) tout en maintenant la préforme sous pression interne, on en chauffe la paroi pour la polymériser ;

g) le ciment ayant pris, et la préforme ayant durci pour constituer un tronçon tubulaire rigide de chemisage, on retire axialement les outillages ayant servi au gonflage et à la polymérisation de la préforme, ainsi qu'à la distribution du ciment ;

15 h) on réitère l'opération pour les tronçons suivants, jusqu'à obtenir la longueur de puits chemisé souhaitée.

Lorsque, comme cela sera expliqué plus loin, la préforme présente des réserves de résine aptes à migrer vers l'extérieur pour former des verrous annulaires d'étanchéité, le positionnement de ces verrous est réalisé au début de l'étape f ci-dessus.

20 De manière particulièrement avantageuse, on utilise un outil de forage du genre trépan, apte à occuper sélectivement trois états de contraction radiale, à savoir un premier état d'encombrement minimal, lui permettant de passer à l'intérieur du tronçon déjà en place, un second état, d'encombrement intermédiaire, pour le forage de la partie principale du trou et un troisième état, d'encombrement maximal, pour le forage de la partie du trou destinée à recevoir la portion élargie de la préforme.

25 Dans un mode de réalisation préférentiel, l'outillage servant au gonflage et à la polymérisation de la préforme, ainsi qu'à la distribution du ciment, comprend une tête à double valve placée en partie basse de la préforme, et apte à distribuer sélectivement un fluide de gonflage à l'intérieur de la préforme et un ciment fluide à l'extérieur de celle-ci.

30 L'installation de forage et de chemisage, qui fait également partie de la présente invention, servant à la mise en oeuvre de ce procédé, est remarquable par le fait qu'elle comprend, en tête de puits :

- une bobine de stockage et de réception, à l'état enroulé, de ladite préforme ;

35 - une tête surplombant l'entrée du puits, apte à permettre le guidage et l'introduction, dans le puits, de la préforme et des différents outillages servant au forage du puits ainsi qu'au gonflage et à la polymérisation de la préforme ;

- des bobines de stockage à l'état enroulé de tubes métalliques élastiquement déformables aptes à faire descendre et remonter lesdits outillages dans le puits, l'un de ces tubes contenant un câble servant à l'alimentation de la préforme en courant électrique ;

5 - un générateur de courant électrique.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront de la description et des dessins annexés qui en représentent, à simple titre d'exemples non limitatifs un mode de mise en oeuvre préféré, ainsi que l'installation correspondante.

Sur ces dessins :

10 - les figures 1 à 4 sont des vues schématiques, en coupe axiale, montrant les différentes étapes de l'opération de forage de la partie de puits qui doit recevoir la préforme ;

- la figure 5 est une vue schématique d'une préforme et de l'outillage dont elle est solidaire, avant mise en place, dans le puits ;

15 - les figures 6 et 7 sont des vues partielles de l'extrémité basse de la préforme, destinées à illustrer le principe de la double valve dont est pourvue la tête d'outillage ;

- les figures 8 à 15 illustrent les différentes étapes de mise en place d'une préforme au bout d'un tronçon déjà en place ;

20 - la figure 16 représente schématiquement, en coupe axiale, un puits chemisé par trois tronçons coaxiaux aboutés ;

- la figure 17 est une vue schématique montrant les différents matériels constitutifs de l'installation, situés en surface (tête de puits) ;

25 - les figures 18 à 30 - à échelle plus petite - illustrent le fonctionnement de l'installation au cours des différentes étapes du chemisage.

La figure 1 représente l'extrémité basse d'un puits vertical en cours de forage et de chemisage. Ce puits, incomplètement foré, comporte un chemisage déjà en place sous forme d'un tube cylindrique rigide 2 présentant une portion d'extrémité basse 20 élargie.

30 Le diamètre D de cette partie 20 est légèrement plus grand que le diamètre d de la partie principale 2, si bien qu'il est possible d'emboîter les uns dans les autres des tronçons 2, avec recouvrement des parties d'extrémité 20.

Le tronçon de chemisage 2 est scellé dans le puits par un ciment périphérique 200.

35 Nous allons maintenant décrire de quelle manière va être mis en place, à l'aide du procédé de l'invention, le tronçon suivant, destiné à être abouté au tronçon 2.

Pour cela, comme illustré aux figures 1 à 4, on commence par forer un trou destiné à recevoir ce tronçon.

A cet effet on utilise un outil de forage 1, du genre trépan, qui a la particularité de pouvoir être rétracté ou dilaté radialement, dans trois états d'encombrement différents.

Dans un premier état, illustré à la figure 1, l'outil est rétracté au maximum de telle manière que sa plus grande dimension transversale autorise son libre passage à l'intérieur du tronçon 2, axialement à travers celui-ci.

Dans cet état, son encombrement est donc plus petit que d.

De manière connue, l'outil de forage 1 est fixé à l'extrémité d'une tige tubulaire 10, qui porte le moteur d'entraînement (non représenté) de l'outil en rotation, et les organes assurant son déploiement ou sa contraction radiale.

Comme on le verra plus loin, la tige 10 est montée à l'extrémité d'un tube métallique apte à être enroulé sur un tambour récepteur disposé en surface, en tête de puits.

Dans un second état de déploiement radial, illustré à la figure 2, la partie coupante 12 de l'outil possède un diamètre de travail sensiblement égal à D.

L'outil ayant été descendu axialement dans le puits, à travers le tubage 2 déjà en place, on provoque ce déploiement radial au diamètre D lorsqu'il est arrivé à l'intérieur de la portion élargie 20. On actionne alors l'outil en rotation, tout en poursuivant sa descente comme illustré par la flèche  $F_1$  à la figure 1.

On réalise ainsi le forage d'un trou cylindrique au diamètre D, coaxial au tronçon 2, dans le prolongement de celui-ci, dans le sol S.

La profondeur de forage correspond à la longueur du tronçon que l'on souhaite mettre en place.

L'outil 1 possède des organes de coupe additionnels 11 qui peuvent être déployés radialement à un diamètre supérieur à D, afin de pouvoir recevoir la portion élargie du tronçon à mettre en place.

Comme illustré à la figure 3, par remontée de l'outil selon  $F_2$ , on réalise ainsi un élargissement du trou 3 sur une certaine hauteur.

A la figure 4 on a désigné par la référence 30 la paroi de la partie principale du trou 3, par la référence 31 la paroi de sa portion élargie et par la référence 32 la portion basse du trou, dont le diamètre D est le même que celui de la partie 30.

La préforme 4 représentée schématiquement à la figure 5 est du même type général que celle décrite en détail dans le WO-A-9421887 déjà cité.

Néanmoins, elle est dépourvue dans sa partie basse d'un organe obturateur gonflable, du fait qu'on a affaire à un trou borgne ; de plus, la préforme 4 possède une portion d'extrémité basse 40 de section élargie.

La préforme 4 est supportée par une tige tubulaire 5 en acier, enroulable sur un tambour de stockage situé en surface, et qui permet de la faire descendre à l'intérieur du puits, et de lui fournir les fluides de cimentation et de gonflage, ainsi que l'énergie électrique pour la polymérisation de la préforme, par l'intermédiaire d'un dispositif de raccordement 500 relié à un conduit central (axial) 50 disposé à l'intérieur de la préforme et se raccordant en partie basse de celle-ci à une tête de distribution 51.

Ce type de tige d'acier enroulable est couramment désignée dans le métier par le terme anglais "COILED TUBING" - en abrégé "C.T." -.

Comme cela est décrit dans le WO-A-94/21887 déjà cité, la préforme est obturée à ses extrémités haute et basse, de manière étanche, par des manchons arrachables et/ou découppables en fin d'opération.

La tête distributrice 51 possède une double valve 52, 53, actionnable sélectivement (depuis la surface).

Comme illustré aux figures 6 et 7, la valve 52 permet de distribuer un fluide de gonflage à l'intérieur de la préforme (flèches I), tandis que la valve 53 permet de distribuer un ciment fluide à la base de la préforme, à l'extérieur de celle-ci (flèches J).

Comme illustré à la figure 8, la préforme 4 - qui se trouve initialement à l'état radialement replié - est descendue dans le trou 3 axialement, du haut vers le bas, à travers le tronçon de chemisage 2 déjà en place.

Bien entendu, pour que ceci soit possible, il est nécessaire que l'encombrement transversal de la préforme repliée soit inférieur au diamètre interne de la préforme dépliée, qui correspond à celui du tubage 2 déjà en place.

Lorsque la préforme est repliée sur elle-même, elle présente une section en "U" ou en forme d'escargot - comme illustré par exemple aux figures 6A et 6B, respectivement du document WO-A-94/25655 ; lorsqu'elle est dépliée elle présente une section circulaire.

La préforme 4 est positionnée dans le trou 3 de telle manière que sa portion d'extrémité plus large 40 se trouve en regard de l'élargissement de puits 31 ; la longueur du trou 3 est déterminée pour que, dans cette position, la portion supérieure de la préforme se trouve en regard de l'élargissement 20 du tubage déjà en place.

On procède alors à l'injection d'une dose de ciment liquide 6 à la base de la préforme, via la valve 53 (flèches J, figure 9).

Le ciment est choisi pour avoir une densité voisine - voire légèrement supérieure - de celle de la boue liquide 7 se trouvant dans le puits.

L'arrivée de ciment à la base de la préforme chasse donc cette boue vers le haut.

Comme illustré à la figure 10, on procède ensuite au gonflage de la préforme, en injectant un fluide sous pression à l'intérieur de celle-ci, via la valve 52 (flèches I).

Il s'agit soit d'un liquide introduit de l'extérieur (depuis la tête de puits) par le conduit 5 dans la préforme, soit d'un liquide (eau, boue ou pétrole) présent dans le puits et pompé dans la préforme.

Le liquide de gonflage est avantageusement choisi pour avoir une densité légèrement supérieure à celle du ciment et de la boue entourant la préforme, si bien que le gonflage va se faire progressivement du bas vers le haut, comme symbolisé par les flèches G à la figure 10.

A défaut, la progression du gonflage du bas vers le haut peut être contrôlée en prévoyant, le long de la préforme, une série de bagues de contention frangibles, dont le seuil de rupture est adapté à ce sens de progression.

Le ciment est par conséquent refoulé également de bas en haut contre la paroi du puits, comme symbolisé par la flèche H, tandis que la boue 7 se trouve chassée vers le haut.

De préférence le volume de ciment périphérique n'est pas suffisant pour atteindre la partie haute de la préforme, de manière à assurer une liaison sans ciment dans la zone de jonction entre les portions d'extrémité des deux tronçons 2 et 4 (voir figure 11).

De préférence, la préforme 4 possède une paroi en résine polymérisable à chaud, prise en sandwich entre une peau intérieure et une peau extérieure élastiques, et munie, côté intérieur, d'une réserve contenant de la résine apte à migrer vers l'extérieur pour former des bourrelets annulaires favorisant l'ancrage et l'étanchéité du tubage contre la paroi du puits.

Une préforme de ce genre est décrite dans la demande de brevet français 94 08691 déposée le 7 juillet 1994 par la demanderesse, et dans son extension internationale PCT/FR 95/00902.

Ces verrous annulaires, répartis tout le long de la préforme sont référencés 9 ; de préférence il est prévu une densité plus grande de verrous (c'est-à-dire un écartement plus faible entre les verrous) aux extrémités haute et basse de la préforme, de manière à assurer une bonne étanchéité dans la liaison bout-à-bout des différents tronçons.

Le chauffage et la polymérisation de la préforme sont réalisés une fois le gonflage terminé, la pression de gonflage étant maintenue à l'intérieur de la préforme.

A titre indicatif, la pression interne est de l'ordre de 15 bars.

Le chauffage de la préforme peut se faire soit en introduisant un fluide chaud à l'intérieur de la préforme, soit par réaction chimique exothermique, soit encore - de préférence - par effet Joule, au moyen de résistances électriques (fils chauffants) disposées dans la paroi de la préforme ou à proximité de celle-ci, et alimentées en courant électrique depuis la tête de puits, via la tige - "Coiled Tubing" - 5.

A titre indicatif, la température nécessaire à la polymérisation est de l'ordre de 110 à 140°C, et la durée de cette étape est de l'ordre de six à huit heures.

Lorsque la polymérisation des verrous 9 et de la paroi de préforme est terminée, et que le ciment 6 a fait sa prise (figure 12), on retire l'outillage 500, 50, 51 (flèche K, figure 13).

On installe alors un outil de coupe (501) à l'extrémité du tube 5, et on découpe le manchon d'étanchéité de l'extrémité haute de la préforme (polymérisée) 4' (figure 14), qu'on arrache ensuite. On opère de la même manière pour le manchon inférieur.

On obtient alors un tronçon de chemisage rigide 4' qui prolonge coaxialement le tubage précédent 2 (voir figure 15).

L'opération qui vient d'être décrite est bien sûr répétée, tronçon après tronçon, afin d'obtenir la profondeur de puits chemisé souhaitée.

Dans un mode de réalisation possible de la préforme, celle-ci a une âme composée à 30% de résine époxy et à 70% de fibres de verre, cette âme ayant une épaisseur de l'ordre de 14mm ; les peaux intérieure et extérieure, en caoutchouc synthétique, ont respectivement une épaisseur de 2mm et de 6mm environ.

A titre indicatif, la portion principale de la préforme 4 possède, à l'état déplié, un diamètre intérieur de l'ordre de 140mm et un diamètre extérieur de l'ordre de 184mm, tandis que la portion élargie 40 possède un diamètre intérieur de l'ordre de 188mm et un diamètre extérieur de l'ordre de 236mm.

Les portions 30-32 et 31 du puits ont des diamètres moyens de l'ordre de 197mm et de 244,5mm, respectivement.

La longueur des différents tronçons peut naturellement être très variable ; à simple titre indicatif, la longueur d'une préforme peut être de l'ordre de 500m.

La figure 16 représente un puits P chemisé par un ensemble de trois tronçons 2A, 2B et 2C aboutés et cimentés.

La figure 17 représente schématiquement une installation de tête de puits qui permet de mettre en oeuvre le procédé selon l'invention.

Sur cette figure, la tête de puits, référencée 55, est équipée d'une structure métallique (châssis) 100 entourant la tête de puits.

Cette structure 100 porte un injecteur 101 pourvu d'un sabot d'appui 102, et servant à supporter et à pousser les différents matériels lorsqu'ils sont descendus dans le puits ou retirés de celui-ci ; elle se trouve à l'aplomb de l'entrée du puits.

On a désigné par la référence 54 un tambour de stockage sur lequel est enroulée la préforme ; elle est supportée par un wagonnet.

La référence 540 désigne un sabot de support et de guidage de la préforme à l'entrée du puits.

Les références 56 et 57 désignent des tambours sur lesquels sont enroulés et stockés respectivement les tubes "C.T." (Coiled Tubing) 560 et 5.

Le tube 560 sert à supporter et à déplacer l'outil de forage ; le tube 5 (comme déjà dit) sert à supporter la préforme, à amener les fluides de gonflage et de cimentation à la préforme, et à la connecter à une source de courant électrique (pour la polymérisation).

L'électricité est fournie par un générateur électrique 58.

La référence 59 désigne une cabine de contrôle de l'opération.

De manière classique, l'entrée du puits à forer est initialement garnie d'un cuvelage 550.

Le trépan 1 est adapté à l'extrémité du tube 560, lequel est déroulé du tambour récepteur 56, supporté et guidé par le sabot 102, puis poussé par l'injecteur 101 (voir figure 18).

On procède alors au forage du trou, de forme étagée 3, destiné à recevoir le premier tronçon (figure 19).

Après mise en place de la préforme, cimentation et mise au rond, et enfin polymérisation *in situ* de celle-ci, via un conducteur électrique 580 relié au générateur 58, on retire le conduit central (50), le tube 5 auquel il est attaché s'enroulant sur le tambour 54 (vide) sur laquelle était initialement stockée la préforme (figure 20).

La préforme se trouve aboutée, de manière étanche, au cuvelage 550.

On défait ensuite les connexions hydraulique et électrique avec la préforme, on installe et on scelle de manière étanche autour de la tête du puits un appareillage de sécurité ad-hoc A, ceci par une technique conventionnelle (figure 21).

A l'aide de l'outil de coupe 501, porté par le tube 5, on découpe les manchons d'étanchéité haut et bas (figure 22).

L'étape suivante consiste à forer la section suivante, pour obtenir un trou étagé 3 prolongeant le tronçon 2 (figure 23).

Ensuite, on calibre les diamètres et on vérifie l'alignement du tronçon 2 et du trou 3, à l'aide d'un instrument approprié 1000 (figure 24).

On met en place une nouvelle préforme (figure 25).

On la fait descendre dans le puits, et on la positionne convenablement dans le trou 3. On la connecte au tube 5, et on procède au gonflage, à la cimentation, et à la polymérisation (figure 26).

On retire le conduit central 50, qu'on remonte et qu'on enroule sur le  
5 tambour récepteur 54 (figures 27 et 28).

On suspend l'outil de coupe 501 au tube 5, et on le descend pour découper les manchons d'extrémité (figure 29).

On obtient ainsi deux tronçons rigides aboutés 2A, 2B (figure 30).

**REVENDICATIONS**

1. Procédé pour forer et chemiser un puits, notamment un puits de forage pétrolier, au moyen d'un ensemble de tronçons tubulaires - ou préformes - similaires, initialement souples, aptes à être repliées longitudinalement sur elles-mêmes pour être introduites dans le puits, puis à être dépliées radialement sous l'effet d'une pression interne pour prendre une forme cylindrique, et enfin à être rigidifiées *in situ* par polymérisation de leur paroi, l'encombrement transversal d'une préforme repliée étant de dimension maximale sensiblement inférieure à son diamètre interne à l'état déplié, et lesdites préformes (4) possédant une portion d'extrémité (40) dont le diamètre - après dépliement - est légèrement supérieur à celui du reste de la préforme, ce qui permet leur jonction bout-à-bout par emboîtement avec recouvrement de ladite portion d'extrémité (40), caractérisé par le fait que, un premier tronçon (2) ayant été mis en place du côté de l'entrée du puits, sa portion d'extrémité élargie (40) tournée vers le bas,
- 5 a) on fait passer axialement, de haut en bas à travers ledit tronçon (2), un outil de forage (1), et on fore au-dessous et dans le prolongement de ce tronçon (2) un trou (3) de forme et de profondeur adaptées pour recevoir le tronçon suivant ;
- 15 b) on retire l'outil de forage (1) ;
- c) on introduit une préforme (4), à l'état replié, à l'intérieur du puits en la faisant traverser le tronçon (2) déjà en place, et on la positionne convenablement à l'intérieur du trou (3), sa portion d'extrémité haute venant se placer à l'intérieur de la
- 20 portion d'extrémité élargie (40) du tronçon (2) ;
- d) on introduit un ciment fluide (6) au fond du trou (3), autour de la portion d'extrémité basse de la préforme ;
- e) on introduit un fluide sous pression (8), de densité supérieure à la densité du ciment (6), à l'intérieur de la préforme (4) afin de la déplier radialement, progressivement de bas en haut, en refoulant le ciment, également de bas en haut, autour
- 25 de la préforme, contre la paroi du trou (3) ;
- f) tout en maintenant la préforme sous pression interne, on en chauffe la paroi pour la polymériser ;
- g) le ciment ayant pris, et la préforme ayant durci pour constituer un
- 30 tronçon tubulaire rigide de chemisage (4'), on retire axialement les outillages ayant servi au gonflage et à la polymérisation de la préforme, ainsi qu'à la distribution du ciment ;
- h) on réitère l'opération pour les tronçons suivants, jusqu'à obtenir la longueur de puits chemisé souhaitée.
2. Procédé selon revendication 1, caractérisé par le fait qu'on utilise un
- 35 outil de forage (1) du genre trépan, apte à occuper sélectivement trois états de contraction

radiale, à savoir un premier état d'encombrement minimal, lui permettant de passer à l'intérieur du tronçon (2) déjà en place, un second état, d'encombrement intermédiaire, pour le forage de la partie principale (30) du trou (3) et un troisième état, d'encombrement maximal, pour le forage de la partie (31) du trou (3) destinée à recevoir la portion élargie de la préforme (4).

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé par le fait que ledit outillage comprend une tête (51) à double valve (52, 53) placée en partie basse de la préforme (4), et apte à distribuer sélectivement un fluide de gonflage (8) à l'intérieur de la préforme (4) et un ciment fluide (7) à l'extérieur de celle-ci.

4. Installation de forage et de chemisage, destinée à la mise en oeuvre du procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée par le fait qu'elle comprend, en tête du puits :

- une bobine (54) de stockage et de réception, à l'état enroulé, de ladite préforme (4) ;

- une tête (101) surplombant l'entrée (55) du puits, apte à permettre le guidage et l'introduction dans le puits de la préforme (4) et des différents outillages servant au forage du puits ainsi qu'au gonflage et à la polymérisation de la préforme ;

- des bobines (56, 57) de stockage à l'état enroulé de tubes métalliques élastiquement déformables (560, 5) aptes à faire descendre et remonter lesdits outillages dans le puits, l'un (5) de ces tubes contenant un câble servant à l'alimentation de la préforme en courant électrique ;

- un générateur de courant électrique (59).

FIG. 1

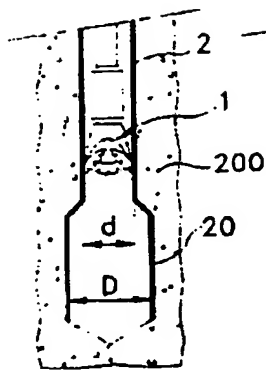


FIG. 2

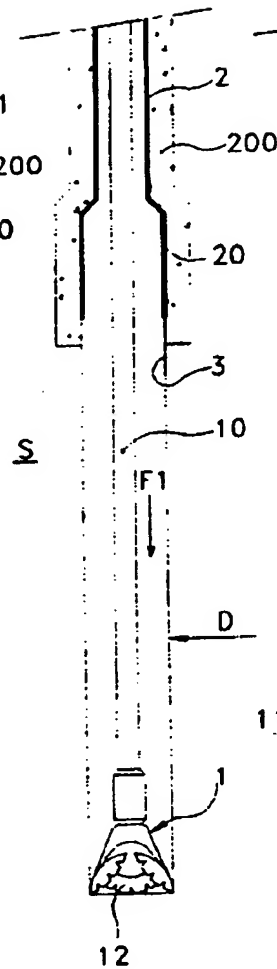


FIG. 3

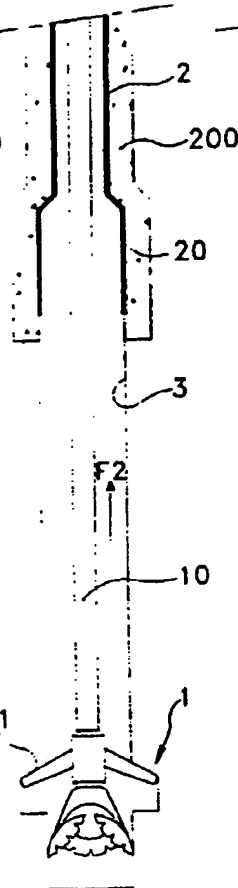


FIG. 4

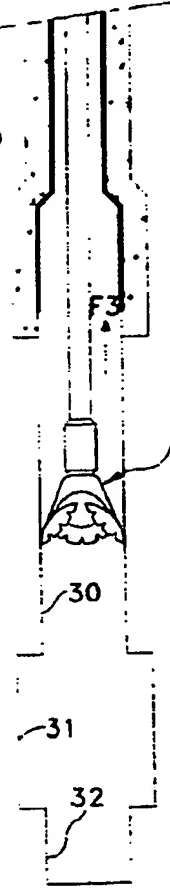


FIG. 5

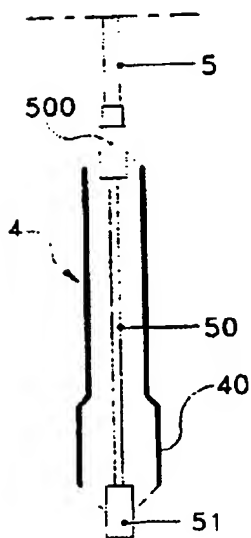


FIG. 6

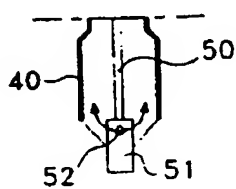


FIG. 7

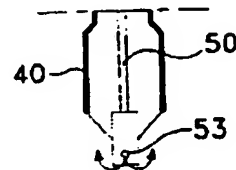


FIG. 8

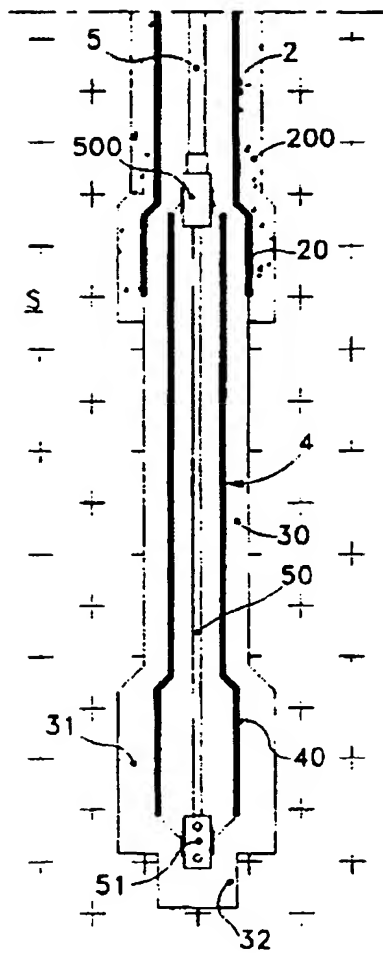


FIG. 9

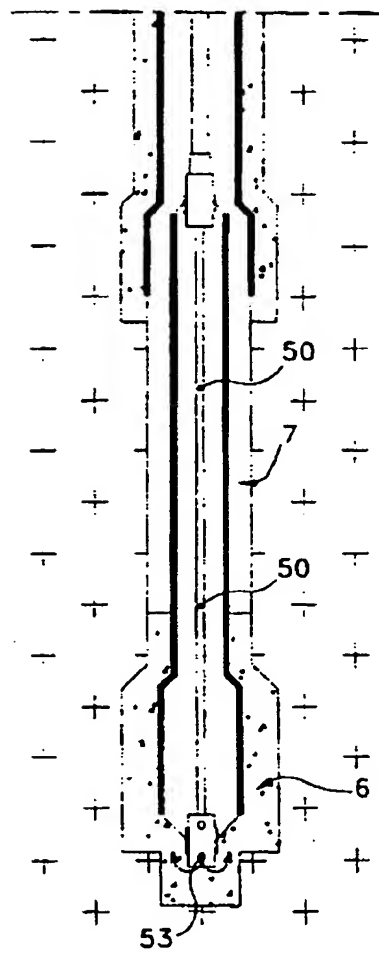


FIG. 10

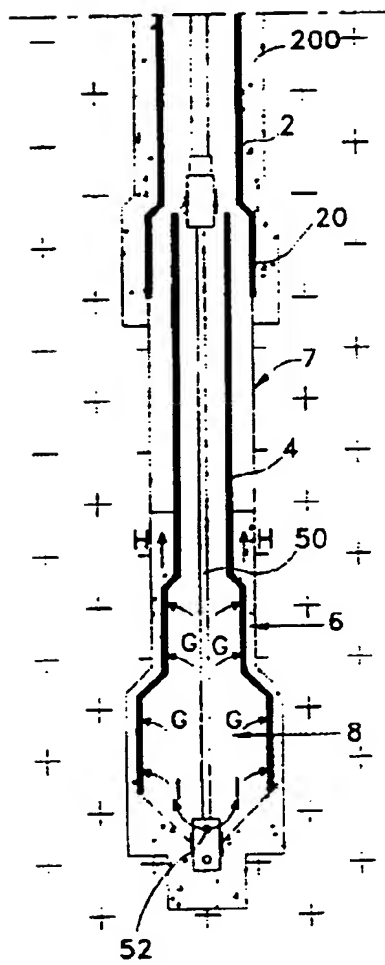


FIG. 11

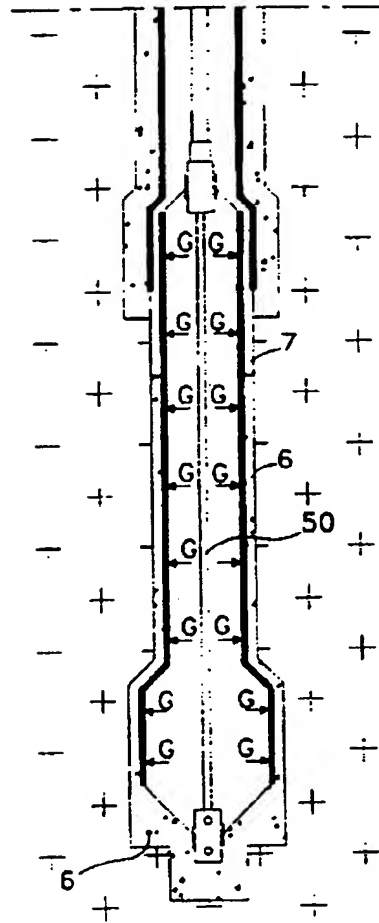


FIG.12

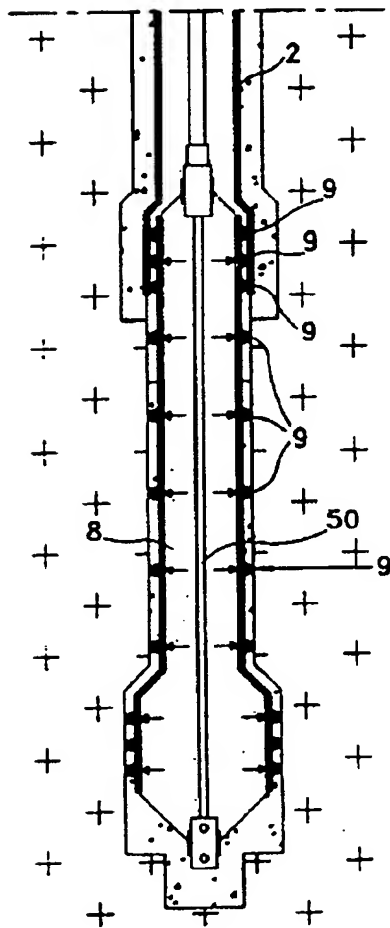
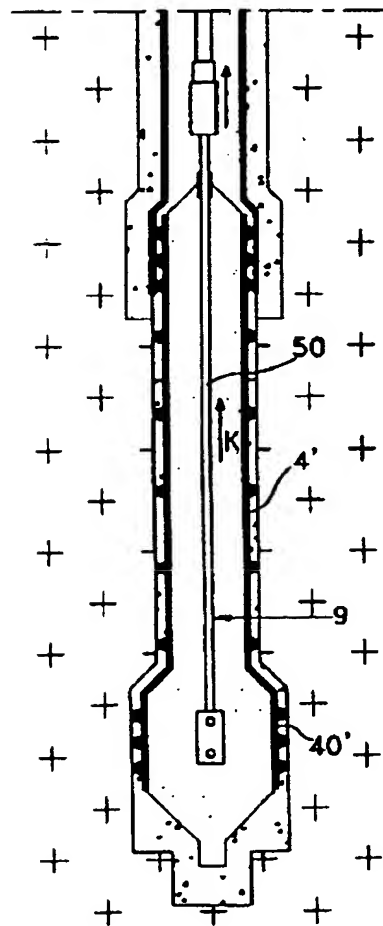
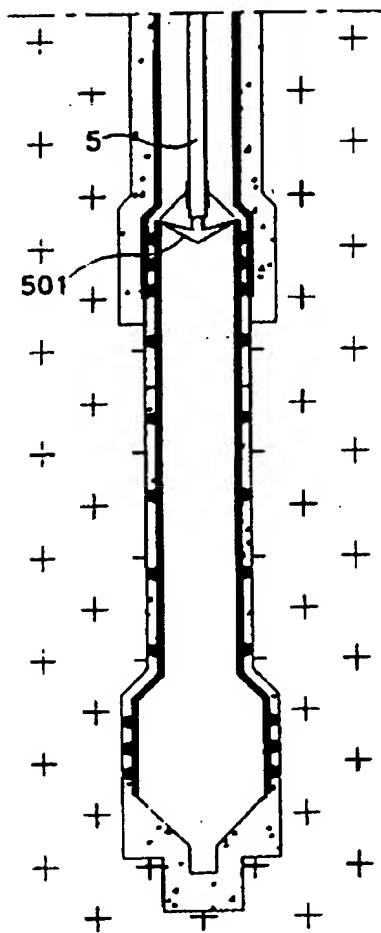
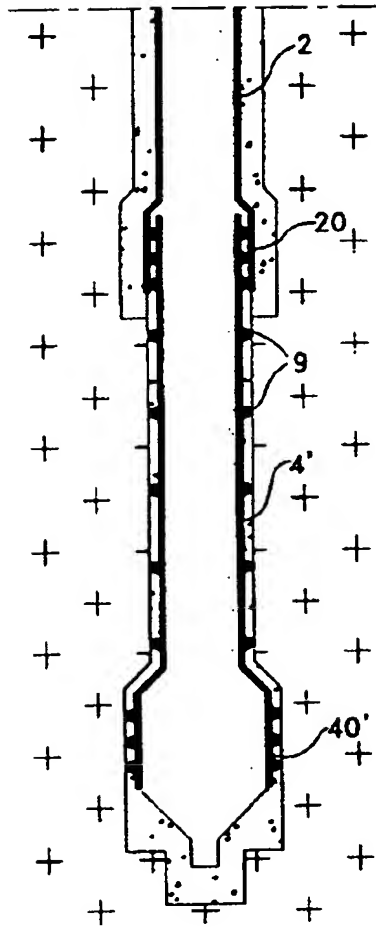
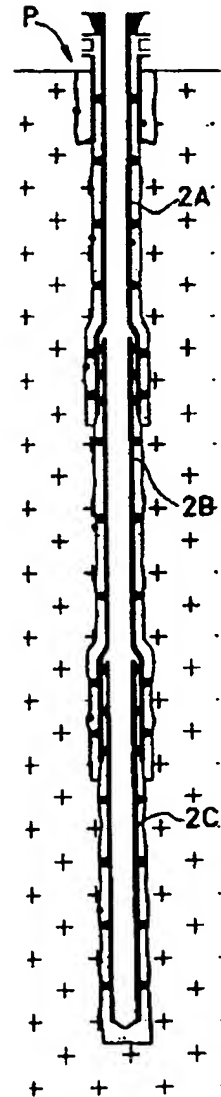


FIG.13



5/12

FIG.14FIG.15FIG.16

8/12

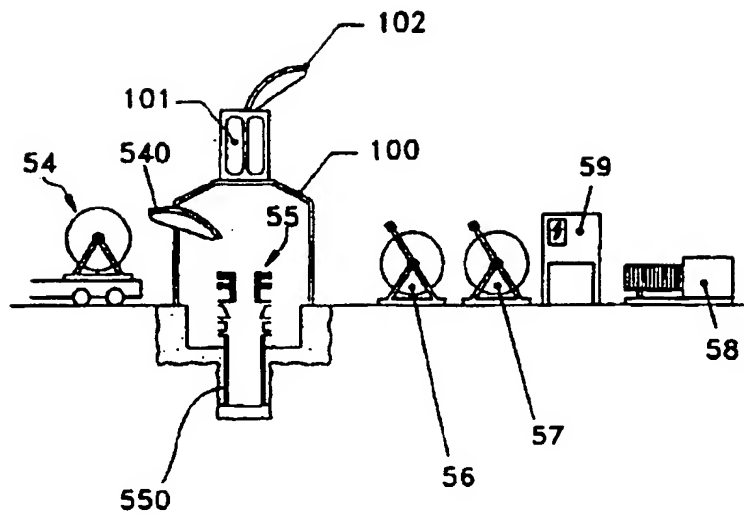
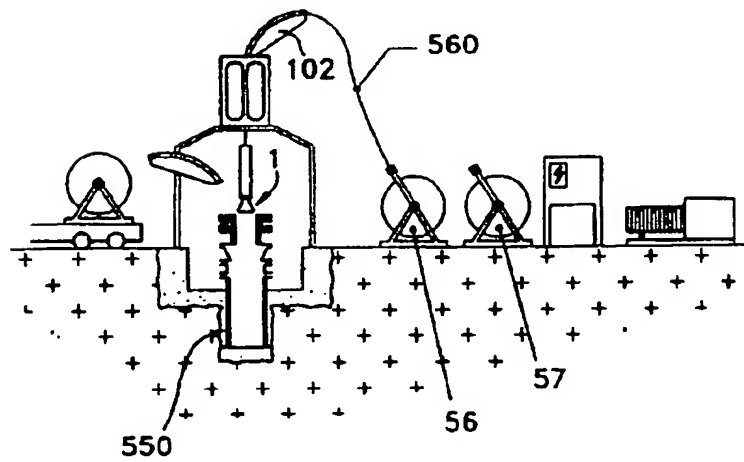
FIG.17FIG.18

FIG.20

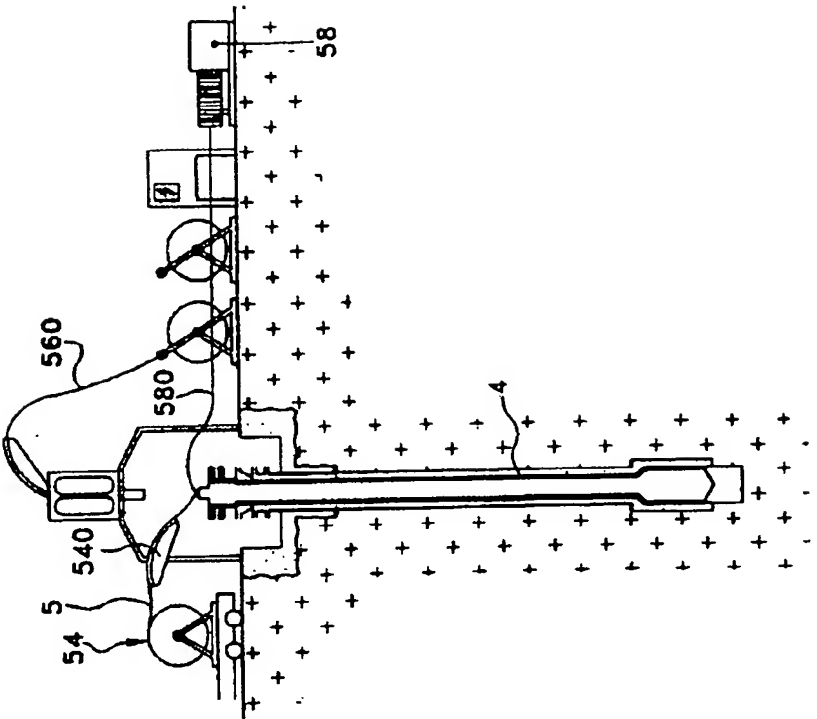
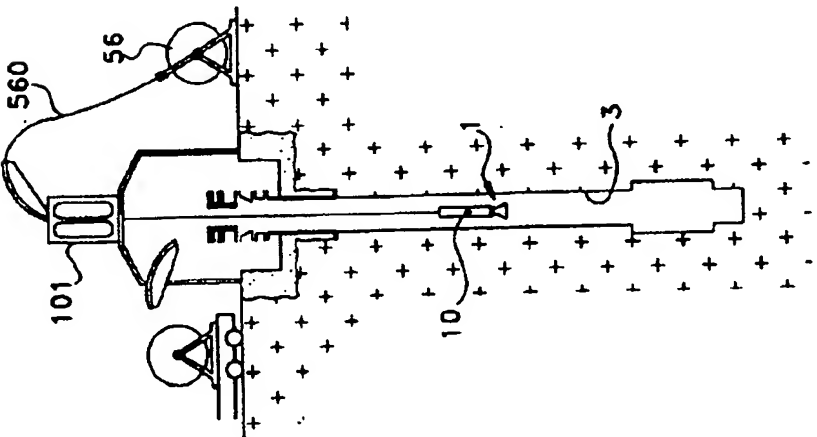
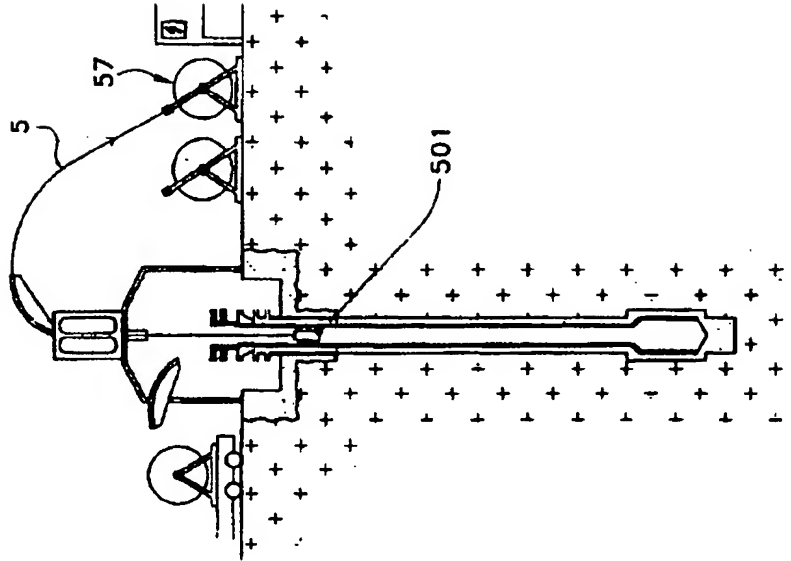
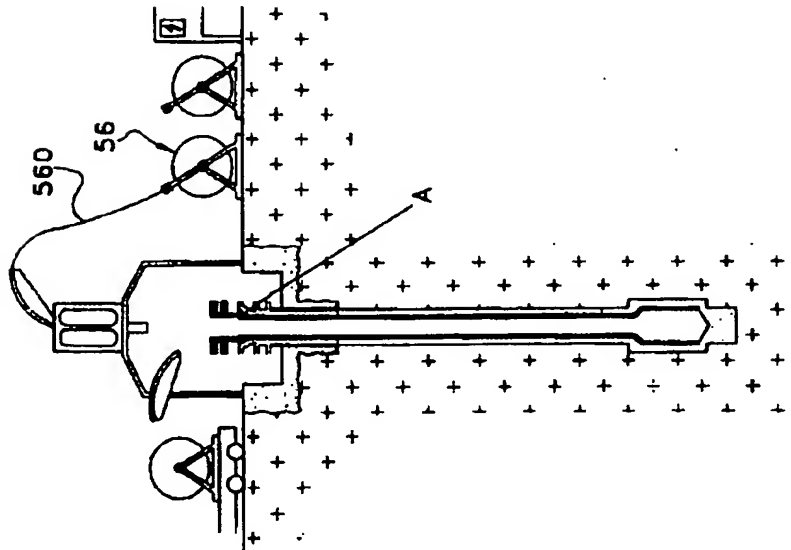


FIG.19



8/12

FIG. 22FIG. 21

9/12

FIG.23

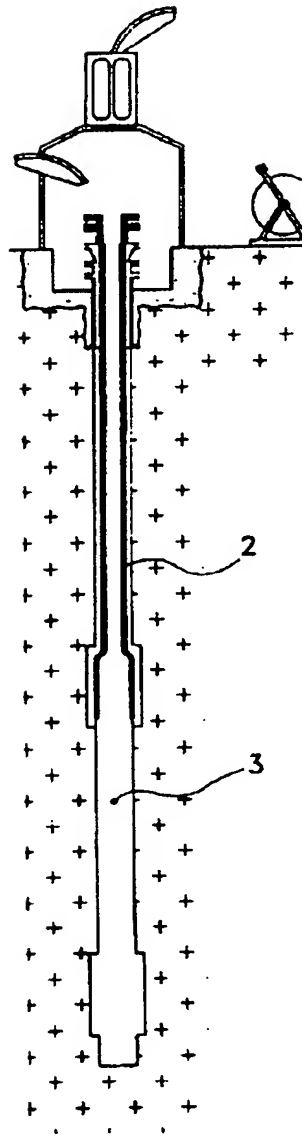
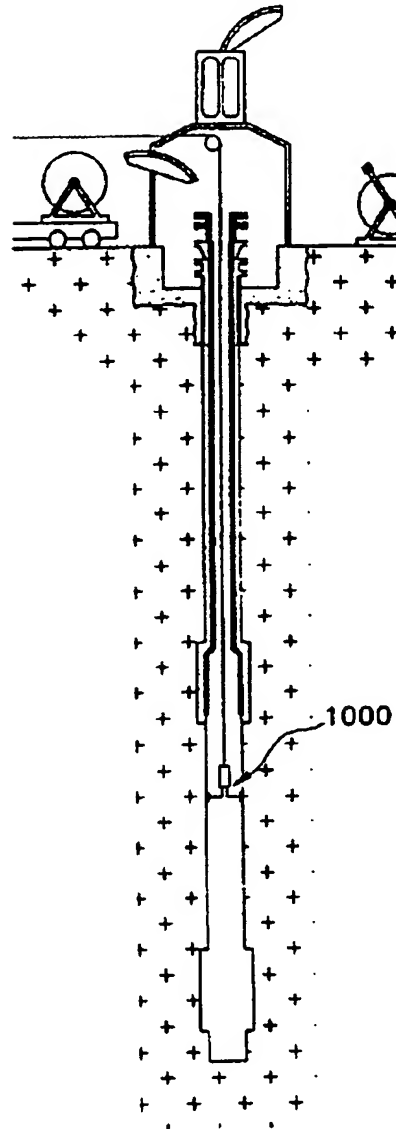


FIG.24



10/12

FIG. 25

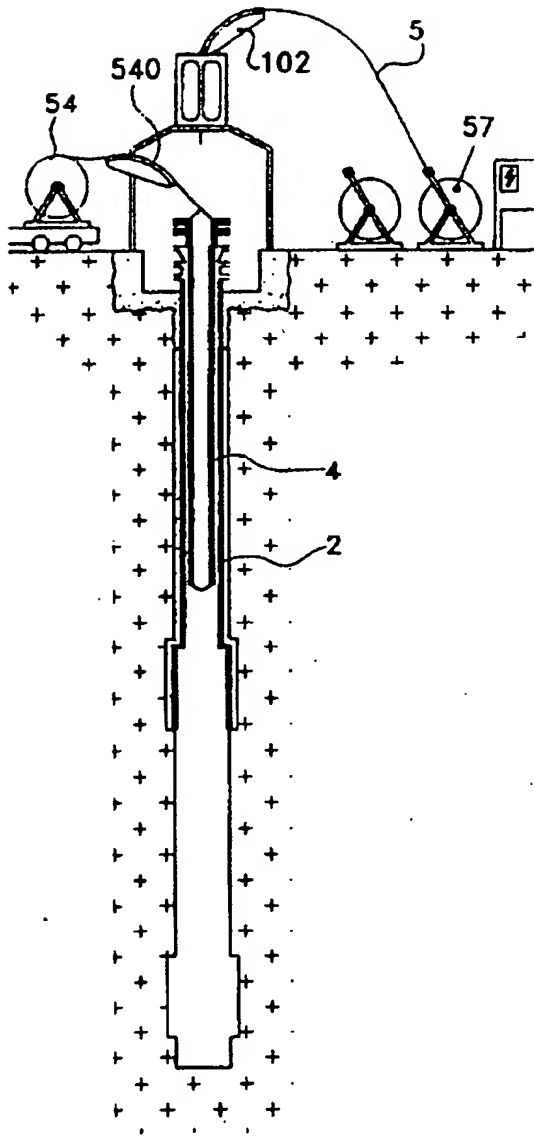


FIG. 26

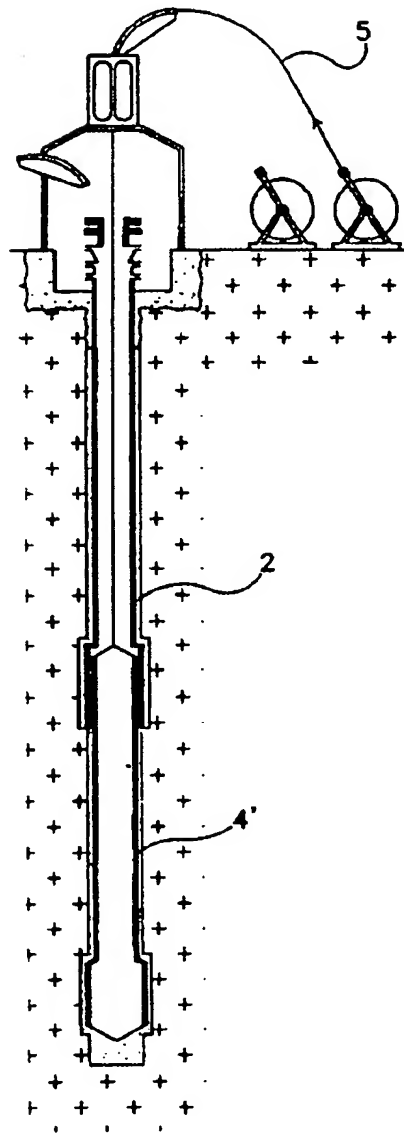


FIG. 27

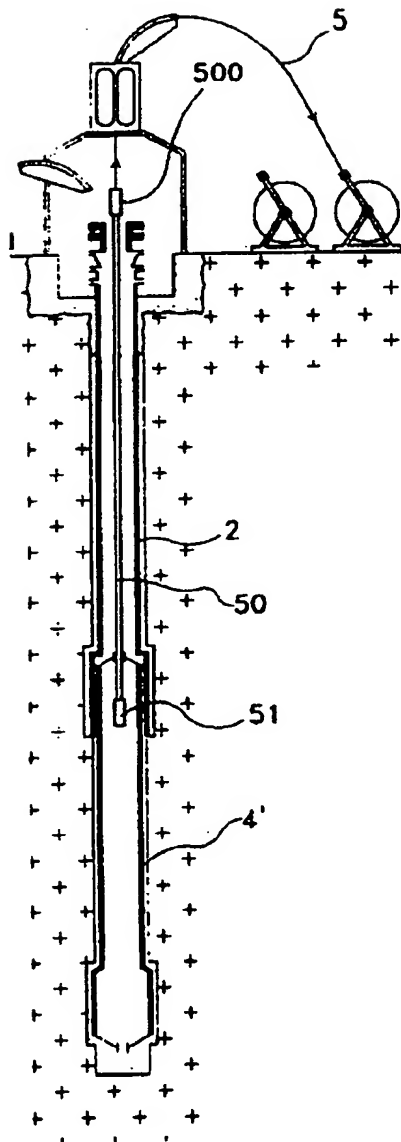
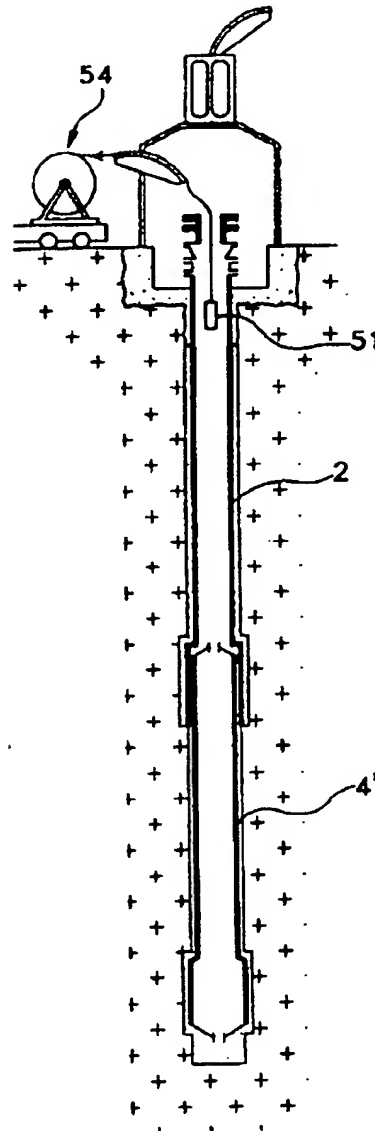
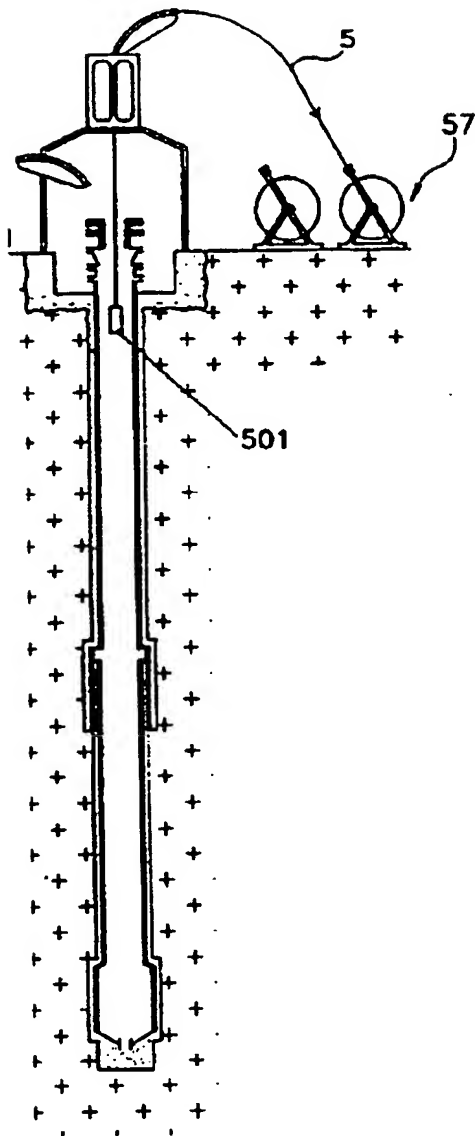
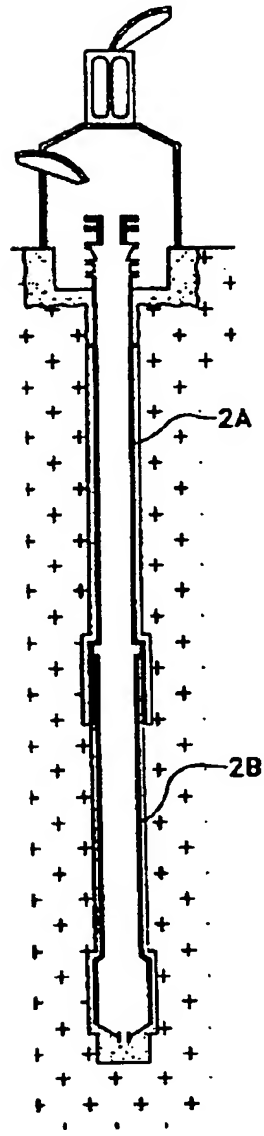


FIG. 28



12/12

FIG. 29FIG. 30

19. FRENCH REPUBLIC

NATIONAL INSTITUTE  
OF INDUSTRIAL PROPERTY

PARIS

11. Publication No.:  
(to be used only when ordering reproductions)

21. National Registration No.:

51. Int Cl<sup>6</sup>: E 21 B 7/20, 17/00, 33/14, 43/10, E 21 D 5/00

**2 741 907**

**95 14465**

12.

## APPLICATION FOR PATENT

**A1**

22. Date of filing: 11/30/95	71. Applicant(s): DRILLFLEX SOCIÉTÉ ANONYME-- FR.
30. Priority:	
43. Date application made available to the public: 6/6/97 Bulletin 97/23	72. Inventor(s): JAMES LEIGHTON AND JEAN-LOUIS SALTEL.
56. List of documents cited in the preliminary search report: <i>Search had not been made by the date of publication of the application.</i>	73. Holder(s):
60. References to other related national documents:	74. Attorney(s): REGIMBEAU.

54. PROCEDURE AND INSTALLATION FOR DRILLING AND LINING A WELL, PARTICULARLY OIL WELL DRILLING, BY MEANS OF INITIALLY FLEXIBLE, ABUTTED TUBULAR SECTIONS, AND HARDENED *IN SITU*.

57. According to the invention, the lining of the well is accomplished by means of several preforms (4) coaxially abutted, which are initially flexible and folded back on themselves in order to have radially small overall dimensions which allow them to descend through the section (2) already in place; the preforms have a widened lower end which allows them to be nested with overlapping of the preforms; a preform is sealed in a hole made in advance, through the section already in place, this sealing process using a cement (6) which is inserted in the base of the preform; by the subsequent insertion of a fluid under pressure inside the preform, the cement is forced from bottom to top against the wall of the hole, after which the preform is polymerized to harden it.

Lining for oil wells.

[diagram]

[vertical text in left margin:] FR 2 741 907 - A1

**PROCEDURE AND INSTALLATION FOR DRILLING AND LINING A WELL,  
PARTICULARLY OIL WELL DRILLING, BY MEANS OF INITIALLY  
FLEXIBLE, ABUTTED TUBULAR SECTIONS, AND HARDENED IN SITU.**

The present invention concerns a process for drilling and lining a well, particularly oil well drilling, by means of a set of tubular sections—or preforms—that are similar, initially flexible, suitable for being folded longitudinally back on themselves in order to be inserted into the well, then radially unfolded under the effect of an internal pressure in order to take a cylindrical shape, and finally to be hardened in situ by polymerization of their walls, the maximum dimension of the overall transverse dimensions of a folded preform being substantially less at its inside diameter when unfolded, and said preforms having an end portion the diameter of which—after unfolding—is slightly greater than that of the preform, which makes it possible for them to be joined end-to-end by nesting, with overlapping of said end portion.

Thus, by using this type of preform, which is known, particularly through document WO-A-94/21887, a lining can be obtained with constant diameter for the whole length of the well.

In this regard, it should be remembered that with traditional linings (or well casings) composed of steel pipe, telescopic tubular sections have to be used, with diameter decreasing toward the bottom of the well, which poses problems of installation and subsequent operation of the well.

The objective of the invention is to propose a process of drilling and lining the well, using preforms of the type mentioned above, which process can be implemented easily and quickly, at low cost.

To accomplish this, and according to the invention, a first section is put in place at the well head, the enlarged end portion of this section being turned downward.

The process according to the invention includes the following steps:

a) a drill tool is passed axially downward through said section, and a hole is bored with a shape and depth suitable for receiving the next section, beneath and as an extension of this section;

b) the drill tool is removed;

c) a preform, in folded form, is inserted inside the well, causing it to pass through the section already in place, and it is suitably positioned inside the hole, its top end being placed inside the enlarged end of the section;

d) a fluid cement is introduced at the bottom of the hole, around the lower end of the preform;

e) a fluid with a density greater than the density of the cement is introduced under pressure, inside the preform in order to open it out radially, progressively from bottom to top, by forcing the cement, also from bottom to top, around the preform, against the wall of the hole;

f) while keeping the preform under internal pressure, the wall thereof is heated to polymerize it;

g) when the cement has set and the preform has hardened to constitute a rigid tubular section of lining, the tools that were used for inflation and polymerization of the preform, as well as the distribution of the cement, are withdrawn;

h) the operation is repeated for the subsequent sections, until the desired depth of the lined well is obtained.

When, as will be explained further on, the preform has resin reserves that can migrate toward the exterior to form ring-shaped seal interlocks; these interlocks are put in position at the beginning of step f) above.

In one particularly advantageous way, a drill bit is used that can selectively have three conditions of radial contraction, the first condition being of minimal size, allowing it to pass through the interior of the section already in place, a second condition of intermediate size for drilling the main part of the hole, and a third condition of maximum size for drilling the part of the hole intended to receive the enlarged portion of the preform.

In one preferred embodiment, the tool used to inflate and polymerize the preform, as well as to distribute the cement, comprises a head with a double valve placed at the lower part of the preform, and suitable for selectively distributing an inflating fluid inside the preform and a fluid cement outside it.

The drilling and lining installation, which is also a part of the present invention and is used to implement this process, is notable in that it comprises, at the well head:

- a spool for storing and receiving the preform, in coiled form;

- a head that hangs over the entry to the well, suitable for allowing the preform

and the various tools for drilling, as well as for the inflation and polymerization of the preform, to be guided and inserted into the well;

- spools for storing elastically deformable metal pipe in coiled form, suitable for lowering and raising said tools in the well, with one of these pipes containing a wire used to provide the preform with electrical current;

- an electric current generator.

5 Other characteristics and advantages of the invention will appear from the description and appended drawings which represent, by way of non-limiting example, one preferred embodiment, as well as the corresponding installation.

In these drawings:

10 - figures 1 to 4 are diagrammatic views, in axial cross section, showing the various stages of the drilling operation in the part of the well that receives the preform;

- figure 5 is a diagrammatic view of a preform and of the tooling to which it is attached, before being placed in the well;

- figures 6 and 7 are partial view of the lower end of the preform, intended to illustrate the principle of the double valve with which the tool head is fitted;

15 - figures 8 to 15 illustrate the different steps to install a preform at the end of a section already in place;

- figure 16 diagrammatically represents, in axial cross section, a well lined with three coaxially abutted sections;

20 - figure 17 is a diagrammatical view showing the different materials that comprise the installation, located at the surface (well head);

- figures 18 to 30—on a smaller scale—illustrate the operation of the installation during the different steps of the lining process.

25 Figure 1 represents the lower end of a vertical well being bored and lined. This well, incompletely drilled, has a lining already in place in the form of a rigid cylindrical pipe 2 having one enlarged lower end 20.

The diameter **D** of this part 20 is slightly larger than the diameter **d** of the main part 2, so the sections 2 can be nested together with overlapping of the end parts 20.

The lining section 2 is sealed in the well by a peripheral cement 200.

30 We shall now describe how the next section, intended to abut the section 2, will be installed with the aid of the process according to the invention.

To do this, as illustrated in figures 1 to 4, a hole intended to receive this section is drilled.

For this purpose, a drill bit 1 is used, which has the special feature of being able to be radially expanded or retracted in three configurations of different overall dimensions.

5 In a first condition, illustrated in figure 1, the tool is fully retracted so that its largest transversal dimension allows it to pass freely inside the section 2.

In this condition, its overall dimension is therefore smaller than **D**.

In a known way, the drilling tool 1 is attached to the end of a tubular shank 10, which carries the motor (not shown) to drive the tool in rotation, and the components that provide  
10 for its radial deployment or contraction.

As will be seen further on, the shank 10 is mounted on the end of a metal tube suitable for being coiled onto a receiving drum placed on the surface at the well head.

In a second condition of radial deployment, illustrated in figure 2, the cutting part 12 of the tool has a working diameter substantially equal to **D**.

15 When the tool has been axially lowered into the well through the casing 2 already in place, it is radially deployed to the diameter **D** when it reaches the inside of the enlarged portion 20. The tool is then caused to rotate while continuing its descent as illustrated by the arrow **F<sub>1</sub>** in figure 1.

A cylindrical hole with the diameter **D**, coaxial to the section 2, is thus drilled in  
20 the ground **S**.

The drilling depth corresponds to the length of the section to be installed.

The tool 1 has additional cutting devices 11 that can be radially deployed to a diameter greater than **D**, in order to be able to receive the enlarged portion of the section the be put in place.

25 As illustrated in figure 3, by raising the tool in the direction **F<sub>2</sub>**, the hole 3 is enlarged for a certain distance.

In figure 4, reference 30 designates the wall of the main part of the hole 3, reference 31 the wall of the expanded portion, and reference 32 the bottom of the hole the diameter **D** of which is the same as that of 30.

30 The preform 4, represented diagrammatically in figure 5, is of the same general type described in detail in WO-A-94/21887 cited above.

However, because this is a blind hole, the preform has no inflatable plug at its bottom; moreover, the preform 4 has a lower end 40 with expanded cross section.

5 The preform 4 is supported by steel tubing 5 that can be coiled onto a storage drum located at the surface, which makes it possible to lower the preform into the well and to supply the cementation and inflation fluids, as well as the electrical energy for the polymerization of the preform, by means of a connection device 500 connected to a central conduit (axial) 50 arranged inside the preform and connecting at the bottom thereof to a distribution head 51.

This type of steel tubing which can be formed into coils is currently known in the art by the English term "COILED TUBING," abbreviated "C.T."

10 Like the one cited in WO-A-94/21887 already cited, the preform is plugged and sealed at its upper and lower ends by sleeves that can be torn off or cut off at the end of the operation.

The distribution head 51 has a double valve 52, 53 that can be selectively activated (from the surface).

15 As illustrated in figures 6 and 7, the valve 52 allows an inflation fluid to be distributed inside the preform (arrows I), while the valve 53 allows a fluid cement to be distributed at the base of the preform, outside of it (arrows J).

20 As illustrated in figure 8, the preform 4—which is initially radially folded—is lowered axially into the hole 3, from top to bottom, through the section of lining 2 already in place.

For this to be possible, of course, the transverse size of the folded preform must be smaller than the inside diameter of the unfolded preform, which corresponds to that of the casing 2 already in place

25 When the preform is folded onto itself, it has a U-shaped or spiral cross section, as illustrated for example in figures 6A and 6B, respectively, of document WO-A-94/25655; when it is unfolded, it has a circular cross section.

The preform 4 is positioned in the hole 3 so that its larger end 40 is facing the enlarged portion 31 of the well; the length of the hole 3 is determined so that, in this position, the upper portion of the preform is facing the widened part 20 of the casing already in place.

30 A dose of liquid cement 6 is then injected at the base of the preform through the valve 53 (arrows J, figure 9).

The cement is selected to have a density close to—even slightly greater than—that of the liquid mud 7 found in the well.

When this cement arrives at the base of the preform, it forces the mud toward the top.

As illustrated in figure 10, the preform is then inflated by injecting a fluid under pressure into it, through the valve 52 (arrows I).

5 This can be either a liquid introduced from the outside (from the well head) through the conduit 5 in the preform, or a liquid (water, mud or oil) already present in the well and pumped into the preform.

10 The inflating liquid is advantageously selected to have a density slightly greater than that of the cement and mud surrounding the preform, so that the inflation occurs progressively from the bottom toward the top, as symbolized by the arrows H in figure 10.

If not, the progress of the inflation from bottom to top can be controlled by providing a series of frangible containing rings that have a breaking point suitable for this direction of progression.

15 The cement is therefore also forced from bottom to top against the wall of the well, as symbolized by the arrow H, while the mud 7 is forced upward.

Preferably, there is not enough volume of peripheral cement to reach the top of the preform, in order to ensure a bonding without cement at the area of juncture between the end portions of the two sections 2 and 4 (see figure 11).

20 Preferably, preform 4 has a resin wall that can be heat polymerized sandwiched between elastic internal and external skins, and provided, on the inner side, with a reserve containing resin that can migrate toward the outside to form ring-shaped flanges that help to anchor and seal the casing against the wall of the well.

A preform of this type is described in the French patent application 94 08691, filed by the applicant on July 7, 1994, and in its international extension **PCT/FR 95/00902**.

25 These ring-shaped interlocks, distributed along the preform, are referenced as 9. Preferably, the interlocks are higher in density (i.e., smaller separation between the interlocks) at the upper and lower ends of the preform, in order to ensure a good seal in the end-to-end connection of the different sections.

30 The heating and polymerization of the preform are done once the inflation is completed, the inflation pressure being maintained inside the preform.

By way of example, the internal pressure is approximately 15 bars.

The preform can be heated by introducing a hot fluid inside it, or by exothermal chemical reaction, or preferably by induction, using electrical resistances (heating elements) arranged in the wall of the preform or in the proximity thereof, and supplied with electrical current from the well head via the coiled tubing 5.

By way of example, the temperature needed for polymerization is approximately 110° to 140°C, and the length of this stage is approximately six to eight hours.

When the polymerization of the interlocks 9 and the preform wall is completed, and the cement 6 has set (figure 12), the tools 500, 50, 51 (arrow K, figure 13), are removed.

A cutting tool (501) is then installed at the end of the tubing 5, and the sealing sleeve at the upper end of the preform (polymerized) 4' (figure 14), is cut off and removed. The lower sleeve is removed in the same way.

A section of lining 4' is thus obtained, which coaxially extends the preceding casing 2 (see figure 15).

The operation that has just been described is of course repeated, section after section, in order to obtain the desired depth of lined well.

In one possible embodiment of the preform, it has a core composed of 30% epoxy resin and 70% fiberglass, this core having a thickness of about 14 mm; the internal and external skin of synthetic rubber have a thickness of about 2 mm and 6 mm, respectively.

By way of example, the main portion of the preform 4 has, when unfolded, an inside diameter of about 140 mm and an outside diameter of about 184 mm, while the expanded portion 40 has an inside diameter of about 188 mm and an outside diameter of about 236 mm.

The portions 30-32 and 31 of the well have average diameters of about 197 mm and 244.5 mm, respectively.

The length of the different sections can obviously vary greatly; by way of example only, the length of a preform can be approximately 500 m.

Figure 16 represents a well P lined with an assembly of three sections 2A, 2B and 2C, abutted and cemented.

Figure 17 diagrammatically represents a well head installation that allows the process according to the invention to be implemented.

In this figure, the wellhead, reference 55, is equipped with a metal structure (frame) 100 surrounding the well head.

This structure 100 carries an injector 101 furnished with a drag brake 102, used to hold and push the different materials when they are lowered into the well or pulled out of it; it is in line with the entry to the well.

5 The reference 54 designates a storage drum on which the preform is coiled; it is mounted on a tramcar.

The reference 540 designates a support and guide plate for the preform at the entry to the well.

The references 56 and 57 designate drums on which the C.T. (coiled tubing) 560 and 5 are coiled and stored, respectively.

10 The tubing 560 is used to hold and move the drill tool; the tubing 5 (as already mentioned) holds the preform, feeds the inflating and cementing fluids to the preform, and connects it to a source of electrical current (for the polymerization).

The electricity is furnished by an electric generator 58.

The reference 59 designates a control cabin for the operation.

15 The entry to the well to be drilled is initially furnished in the conventional way with a casing 550.

The drill bit 1 is fitted to the end of the tubing 560, which is uncoiled from the receiving drum 56, supported and guided by the plate 102, then pushed by the injector 101 (see figure 18).

20 Drilling then proceeds to the multistage hole 3, which is to receive the first section (figure 19).

After the preform is put in place, cemented and inflated, and when it has been polymerized *in situ* via an electrical conductor 580 connected to the generator 58, the central conduit (50) and the tubing 5 to which it is attached are removed, coiling it onto the drum 54 (empty) on which the preform was initially stored (figure 20).

25 The preform is abutted against and sealed to the casing 550.

The hydraulic and electrical connections to the preform are then disconnected, and an appropriate safety device A is installed and sealed around the well head by a conventional technique (figure 21).

30 Using a cutting tool 501 carried by the tubing 5, the top and bottom sealing sleeves are cut off (figure 22).

The next step consists of drilling the next section to obtain a multistage hole 3 extending the section 2 (figure 23).

Next, the diameters are measured and the alignment of the section 2 and the hole 3 are verified using an appropriate instrument 1000 (figure 24).

A new preform is then put in place (figure 25).

It is lowered into the well and suitably positioned in the hole 3. It is then  
5 connected to the tubing 5, after which it is inflated, cemented and polymerized (figure 26).

The central conduit 50 is removed by raising and coiling it onto the receiving drum 54 (figures 27 and 28).

The cutting tool 501 is suspended from the tubing 5 and lowered to cut the end sleeves (figure 29).

10 Two rigid, abutted sections 2A, 2B are thus obtained (figure 30).

CLAIMS

1. Process for drilling and lining a well, particularly oil well drilling, by means of a set of tubular sections—or preforms—that are similar, initially flexible, suitable for being folded longitudinally back on themselves in order to be inserted into the well, then radially unfolded under the effect of an internal pressure in order to take a cylindrical shape, and finally to be hardened *in situ* by polymerization of their walls, the maximum dimension of the overall transverse dimensions of a folded preform being substantially less at its inside diameter when unfolded, and said preforms (4) having an end portion (40) the diameter of which—after unfolding—is slightly greater than that of the preform, which makes it possible for them to be joined end-to-end by nesting, with overlapping of said end portion (40), characterized by the fact that a first section (2) having been put in place from the entry of the well, its enlarged end portion (40) turned downward,
- a) a drill tool (1) is passed axially downward through said section (2), and a hole (3) is bored with a shape and depth suitable for receiving the next section, beneath and as an extension of this section (2);
- b) the drill tool (1) is removed;
- c) a preform (4), in folded form, is inserted inside the well, causing it to pass through the section (2) already in place, and it is suitably positioned inside the hole (3), its top end being placed inside the enlarged end (40) of the section (2);
- d) a fluid cement (6) is introduced at the bottom of the hole (3), around the lower end of the preform;
- e) a fluid (8) with a density greater than the density of the cement (6) is introduced under pressure, inside the preform (4) in order to open it out radially, progressively from bottom to top, by forcing the cement, also from bottom to top, around the preform, against the wall of the hole (3);
- f) while keeping the preform under internal pressure, the wall thereof is heated to polymerize it;
- g) when the cement has set and the preform has hardened to constitute a rigid tubular section of lining (4'), the tools that were used for inflation and polymerization of the preform, as well as the distribution of the cement, are withdrawn;
- h) the operation is repeated for the subsequent sections, until the desired depth of the lined well is obtained.

2. Process according to claim 1, characterized by the fact that a drill bit (1) is used that can selectively have three conditions of radial contraction, the first condition being of minimal size, allowing it to pass through the interior of the section (2) already in place, a second condition of intermediate size for drilling the main part (30) of the hole (3), and a third condition of maximal size for drilling the part (31) of the hole (3) intended to receive the enlarged portion of the preform (4).

3. Process according to claim 1 or 2, characterized by the fact that said tool comprises a head (51) with a double valve (52, 53) placed at the lower part of the preform (4), and suitable for selectively distributing an inflating fluid (8) inside the preform (4) and a fluid cement (7) [sic] outside it.

4. Drilling and lining installation, used to implement the process according to any of claims 1 to 3, characterized by the fact that it comprises, at the well head:

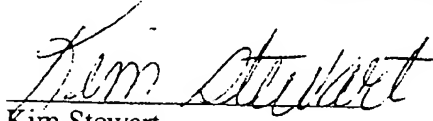
- a spool (54) for storing and receiving the said preform (4), in coiled form;
- a head (101) that hangs over the entry (55) to the well, suitable for allowing the preform (4) and the various tools for drilling, as well as for the inflation and polymerization of the preform, to be guided and inserted into the well;
- spools (56, 57) for storing elastically deformable metal pipe in coiled form (560, 5), suitable for lowering and raising said tools in the well, with one (5) of these pipes containing a wire used to provide the preform with electrical current;
- an electric current generator (59).



TRANSPERFECT TRANSLATIONS

### AFFIDAVIT OF ACCURACY

I, Kim Stewart, hereby certify that the following is, to the best of my knowledge and belief, a true and accurate translation performed by professional translators of *Patent 2 741 907* from French to English.



Kim Stewart

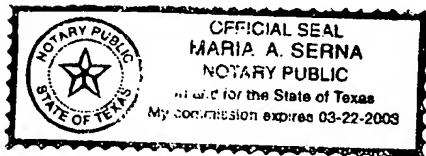
TransPerfect Translations, Inc.  
3600 One Houston Center  
1221 McKinney  
Houston, TX 77010

ATLANTA  
BOSTON  
BRUSSELS  
CHICAGO  
DALLAS  
DETROIT  
FRANKFURT  
HOUSTON  
LONDON  
LOS ANGELES  
MIAMI  
MINNEAPOLIS  
NEW YORK  
PARIS  
PHILADELPHIA  
SAN DIEGO  
SAN FRANCISCO  
SEATTLE  
WASHINGTON, DC

Sworn to before me this  
9th day of October 2001.



Signature, Notary Public



Stamp, Notary Public

Harris County

Houston, TX

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**